

설비 최적보전방식의 선택에 대한 기존 모델 정리

TPM컨설턴트/ 품질기술사 권오운

1. 정성적인 보전방식의 선택방법 모델

보전방식을 선택하는 경우의 가장 중요한 요인은 설비의 중요도 S이다. 이것은 해당 설비가 고장난 경우를 고려할 때 다음의 항목들로서 평가한다[2].

- ① 생산에의 영향 정도
- ② 품질에의 영향 정도
- ③ 복구(보전)비 크기
- ④ 안전 및 재해에의 영향도

결국 중요도가 큰 설비란 이 ① ④값이 큰 설비이다.

그 다음의 고려사항은 해당 설비가 고장나기 쉬운지 어떤지이다. 별로 고장이 나지 않는 설비에 대해 커다란 예방보전비를 투입해도 득이 되지 않기 때문이다. 이것은 앞서 말한 설비의 고장률의 정도 F로 평가하지만 해당 설비의 고장률을 알고 있다면 문제없다. 그렇지 않는 경우는 설비의 연령(운전개시로 부터의 년수) 등으로 대응한다. <표 1>에 이들의 항목을 점수로 평가한 예를 들었다. 이 점수의 합계점이 높을수록 중요한 설비이므로 고가의 보전시스템을 채용해도 좋은 이유이다.

<표 1> 보전방식을 선택하기 위한 설비 중요도 평가의 예

평가항목	내 용	점 수
생 산 영향도	해당 설비가 정지하면 전 Plant가 정지됨	5
	해당 설비가 정지하면 전 Plant가 감산운전됨	3
	해당 설비가 정지해도 생산에 영향이 없음	0
품 질 영향도	해당 설비의 트러블은 품질에 큰 영향을 줌	5
	해당 설비의 트러블은 품질에 영향을 줌	3
	해당 설비의 트러블은 품질에 영향이 없음	0
보 전 영향도	돌발고장은 큰 수리비용이 듦	5
	중간 정도의 수리비용이 듦	3
	전혀 수리비용이 문제가 되지 않음	0
안전보안	가연성, 유해성의 위험이 있음	5
	해당 설비의 고장은 인적재해 가능성이 있음	3
	위험성이 없고, 2차적인 트러블이 염려없음	0
사용년수	20년이상 경과됨	5
	10년이상 20년미만 경과됨	3
	10년미만 경과됨	0

통상적으로는 이 합계점이 높은 순서로 설비를 <표 2>와 같이 4등급으로 분류한다.

- ① 최고 중요 설비 (S등급)
- ② 중요 설비 (A등급)

③ PM 설비 (B등급)

④ BM 설비 (C등급)

이 등급별로 TBM, CBM, BM 등에서 최적인 보전방식을 선택한다.

① S등급 설비 → 고급 CBM (상시감시장치를 설치)시스템 적용

⑧ A등급 설비 → 중급 CBM (정기적 간이진단 +정밀진단)시스템 적용

③ B등급 설비→ 시간기준 예방보전(TBM)시스템 적용

④ C등급 설비 → 사후보전(BM)시스템 적용

많은 기업에서는 위와 것과 같은 순서로 보전방식을 선택하고 있지만 CBM을 바르게 채용하기 위해서는 다음의 2가지의 항목을 고려하지 않으면 안된다.

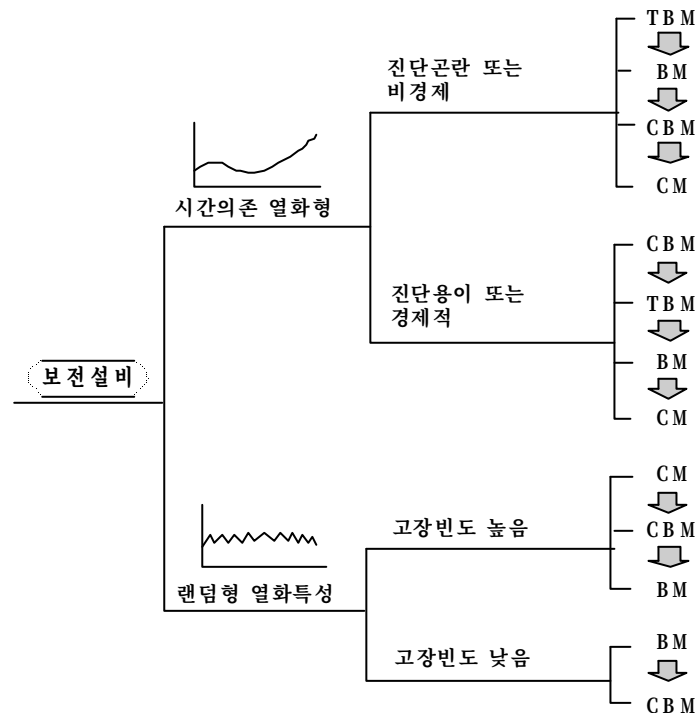
① 해당 설비의 열화특성이 시간에 대해서 점차 증가하는 형태인지

② 실용적인 진단기술이 존재하는지

<표 2> 설비의 중요도 구분의 예

중요도 구분	최고 중요설비 (S 등급)	중요설비 (A 등급)	PM설비 (B 등급)	BM설비 (C 등급)
평가점 합계	○○점이상	○○~○○점	○○~○○점	○○~○○점

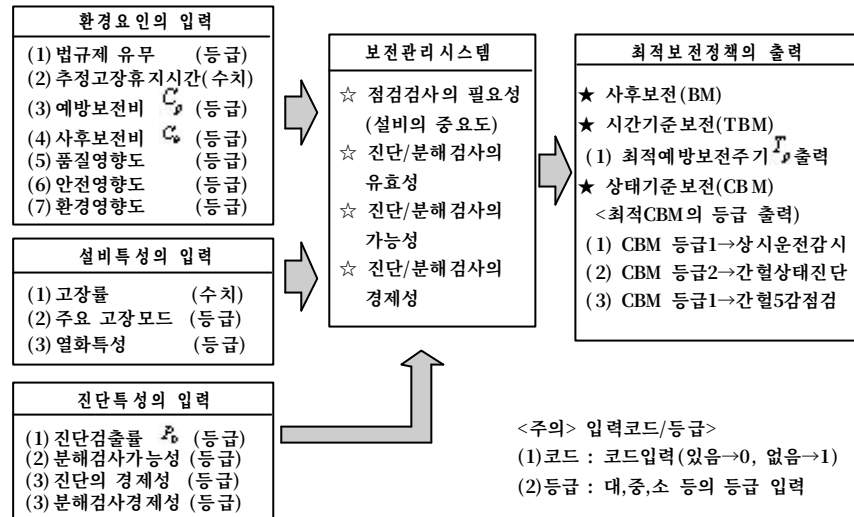
<그림 1>에 이 2가지 항목의 평가 흐름도를 나타내었다. <그림 1>에서 각 항목별 위쪽에 있는 방식이 우선도가 높다는 것을 나타낸다.



<그림 1> 설비열화특성과 진단기술의 경제성을 고려한 보전방식 선택방법

<그림 2>에 정성적으로 최적보전방식을 결정하는 일반적 흐름도를 나타내었다. 정량적인

데이터가 없는 평가항목에 대해서는 코드입력 혹은 등급입력에 의해 평가한다. 여기에서 코드입력이란 「있음」일 때 「0」, 「없음」일 때 「1」과 같이 정보를 코드화하여 입력하는 것을 의미한다. 또, 등급입력이란 품질에의 영향정도 등을 「대」 「중」 「소」 등의 등급으로 입력하는 것을 말한다.



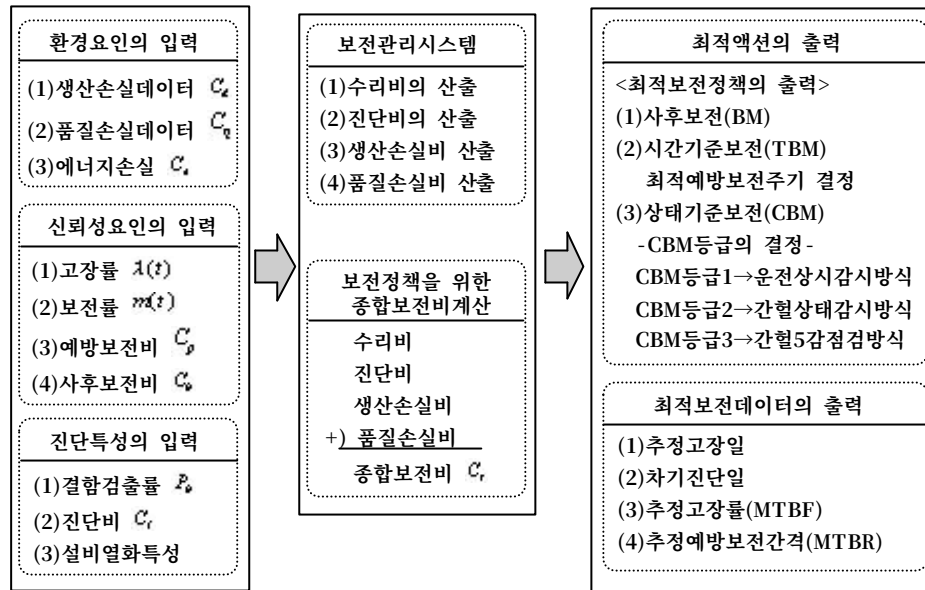
<그림 2> 정성적 보전방식의 선택에 대한 일반적 흐름도

정성적인 보전방식의 선택법이라고 해도 이처럼 가능한 한 객관적인 방법을 채용하려고 하는 노력이 필요하다.

2. 정량적인 보전방식의 선택방법 모델

과거의 경험과 데이터가 풍부하게 축적되어져 있는 것은 정량적인 보전방식의 선택을 위한 수식 모델에 의해 해당 설비에 관한 과거의 데이터를 입력하여 정량적으로 보전방식을 선택할 수 있음을 보였다.

그러나 이와 같은 정량적 데이터를 축적하고 있는 보전부서는 별로 없으리라고 생각되어 지므로 여기에서는 사고방식만을 나타내었다. <그림 3>에 최적보전방식을 정량적으로 구하기 위한 개략적인 흐름도를 나타냈다.



<그림 3> 최적보전방식의 정량적 선택을 위한 개략 흐름도

입력을 필요로 하는 데이터는 다음의 3항목이다.

- ① 해당 설비가 어떠한 형태로 사용되어지고 있는가(환경 요인의 입력)
- ② 해당 설비의 신뢰성에 관한 정보(신뢰성 요인의 입력)
- ③ 진단특성에 관한 정보(진단특성의 입력)

환경 요인의 입력항목으로는 해당 설비가 고장에 의해 단위시간 정지되었을 때의 다음 3개의 수치를 입력한다.

- ① 생산손실 C_d
- ② 품질손실 C_q
- ③ 에너지손실 C_e

신뢰성 요인의 입력항목으로는 해당 설비에 관한 ①고장률 λ , ②보전율 $m(t)$, ③예방보전비 C_p , ④사후보전비 C_b 의 4가지 수치를 입력한다. 여기서 보전율 $m(t)$ 란 보전의 용이함을 나타내는 양으로 보전이 완료될 때까지의 평균시간인 MTTR(Mean Time To Repair)의 역수로서 정의된다.

진단특성의 입력항목으로는 적용하는 진단기술에 관해서는 ①검출률 P_0 , ②진단비 C_i , ③설비의 열화특성의 3가지를 입력한다. 단, ③의 설비의 열화특성은 시간에 대해서 점증형인지 랜덤형인지는 코드로 입력한다.

시스템은 이러한 상기 10항목의 정량적인 입력데이터를 사용하여 다음 식에서 정의되는 종합보전비 C_t 를 최소로 하는 보전방식을 최적보전방식으로서 출력된다.

$$C_t = C_d + C_q + C_p + C_b + C_i \text{ -----(1)}$$

여기에서, C_t : 종합보전비 (원/시간)

C_d : 설비고장에 의한 생산손실비 (원/시간)
 C_q : 설비고장에 의한 품질손실비 (원/시간)
 C_p : 해당 설비를 예방보전하는 경우의 비용 (원/시간)
 C_b : 해당 설비의 사후보전비 (원/시간)
 C_i : 진단비 (원/시간)

식 (1)의 C_d, C_q, C_p, C_b, C_i 등은 상기 10항목의 복잡한 비선형의 계수이지만, 시스템은 수치계산에 의해 종합보전비 C_t 를 최소로 하는 보전방식을 탐색한다. 즉, 시스템은 <표 3>에 예시한 것 같은 수식 모델에 의해 BM, TBM, CBM의 각 보전방식을 채용한 경우의 종합보전비 C_t 를 계산하여 C_t 가 최소가 되는 방식을 최적보전방식으로 한다.

<표 3>에 있어서는 품질손실비 C_q 는 생산손실비 C_o 에 포함되어져 있다. 또, 사후보전

<표 3> 종합보전비 C_t 의 계산식

비용 보전방식	사후보전비	예방보전비	점검진단비	생산손실비
사후보전 (BM)	$\frac{1}{MTBF_s} \times CF$			$+\frac{MTTR_s}{MTBF_s} \times C_o$
시간기준 예방 보전(TBM)	$\frac{1}{MTBF_r} \times CF$	$+\frac{1}{MTBR_r} \times CR$		$+\frac{MTTR_r}{MTBF_r} \times C_o$
상태기준 예방 보전(CBM)	$\frac{1}{MTBF_c} \times CF$	$+\frac{1}{MTBR_c} \times CR$	$+\frac{C_i}{T_i} + C_a$	$+\frac{MTTR_c}{MTBF_c} \times C_o$

(주) T_i : 점검진단주기(일) C_i : 점검진단비(원/기) C_a : 점검진단기기 비용(원/기)

CF : 사후보전비 CR : 예방보전비 C_o : 생산(기회)손실비

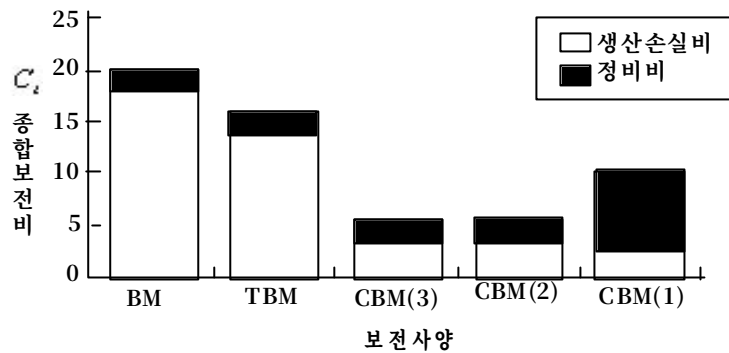
$MTBF_s$: BM에 의한 평균고장간격(일) $MTBF_r$: TBM에 의한 평균고장간격(일)

$MTBF_c$: CBM에 의한 평균고장간격(일) $MTTR_s$: BM에 의한 평균수리시간(일)

$MTTR_r$: TBM에 의한 평균수리시간(일) $MTTR_c$: CBM에 의한 평균수리시간(일)

(BM)의 항에 예방보전비와 점검진단비가 없는 것은 BM에서는 원리상 이 2개의 보전활동은 있을 수 없기 때문이다. 시스템의 출력은 우선 제 1스텝으로서 해당 설비의 최적보전방식을 사후보전(BM), 시간기준 예방보전(TBM), 상태기준 예방보전(CBM) 중에서 선택한다.

제 2스텝으로서 혹시 CBM이 선택된 경우는 가장 적절한 CBM의 등급을 간이CBM(CBM 3), 중급CBM(CBM 2), 고급CBM(CBM 1) 중에서 선택한다. <그림 4>에 시스템 출력의 예를 들었다.



(주) B M : 사후보전방식 TBM : 시간기준예방보전방식
 CBM(3) : 간이진단과 목시점검에 의한 간단한 CBM방식
 CBM(2) : 상기에 정밀진단을 가한 일반적 CBM방식
 CBM(3) : 컴퓨터에 의한 온라인모니터링 등을 사용한 고급 CBM방식

<그림 4> 보전방식에 따른 종합보전비의 차이

<그림 4>의 세로축은 종합보전비 C_t 를 나타낸다. 예에서 CBM 3인 간이CBM시스템을 채용했을 때 종합보전비 C_t 가 가장 작게 되어 있다. 다시 말해 이 설비는 정기적인 5감점 검과 간이진단에 의한 간이CBM시스템이 가장 적절한 보전방식이라고 하는 것이 된다.

그러므로 이 설비의 보전방식으로서 연속감시장치를 갖춘 고급CBM시스템(CBM 1)을 채용한다는 것은 "정도가 지나친" 것이 되어 over maintenance라는 비난을 면치 못할 것이다.